

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND



## Prioritätsbescheinigung DE 103 56 730.5 über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 103 56 730.5

**Anmeldetag:** 02. Dezember 2003

**Anmelder/Inhaber:** Carl Zeiss SMT AG, 73447 Oberkochen/DE

**Bezeichnung:** Haltevorrichtung für ein Abschlusselement in einer Immersionslithographievorrichtung

**IPC:** G 02 B 7/02, G 02 B 13/14

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der am 02. Dezember 2003 eingereichten Unterlagen dieser Patentanmeldung, hinterlegt mit dem Prioritätsbeleg vom 14. Januar 2004 bei dem Europäischen Patentamt.

München, den 29. Oktober 2010  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Die Präsidentin

Im Auftrag

Faust

Haltevorrichtung für ein Abschlusselement in einer Immersions-  
lithographievorrichtung

5

Die Erfindung betrifft eine Haltevorrichtung für ein optisches Element in einem Objektiv. Des weiteren betrifft die Erfindung ein Objektiv sowie ein Verfahren zum Verbinden eines optisches Elements und eines Versteifungselement in einem Objektiv.

10

Eine Haltevorrichtung für ein als Abschlusselement ausgebildetes optisches Element in einem Objektiv, in diesem Fall in einem Lithographieobjektiv, sowie ein entsprechendes Lithographieobjektiv sind aus dem Stand der Technik bekannt. Um bei einem solchen Projektionsobjektiv eine klebefreie Verbindung zwischen einem optischen Element mit der dazugehörigen Fassung oder einem mit der Fassung verbundenen Teil vorzusehen, ist zwischen dem auszutauschenden optischen Element und der Fassung oder dem mit der Fassung verbundenen Teil eine optische Passformgenauigkeit mit einer Flächenpassung eingestellt. Derartige Haltevorrichtungen für Abschlusselemente sind für die gewöhnlichen Anwendungen in der Lithographie im Prinzip geeignet.

- 25 In alternativen Lösung werden die Platten mit der Fassung verklebt, wobei eine Ringschneidenauflage oder eine Dreipunktlagerung verwendet werden kann. Zum Ausgleich der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten des optischen und des Fassungsmaterials werden gummiweiche Kleber bzw. Kitte verwendet.
- 30 Im Fall der sogenannten glasharten Klebung erfolgt dieser Ausgleich durch mechanische Federelemente zwischen dem optischen Element und der Fassung.

Bezüglich des Standes der Technik wird auf die US 2002/0167740 A1, die EP 1 279 984 A1, die US 2002/0021503 A1 oder die US 2001/0039126 A1 verwiesen.

Wenn ein Lithographieobjektiv jedoch für die beispielsweise in

der EP 0 023 243 A1 beschriebene Immersionslithographie verwendet werden soll, so sind bei der konventionellen „trockenen“ Lithographie angewandte Fassungsstechniken ungeeignet. So wirken das Abschlusselement und das Immersionsmedium, in dem sich dasselbe befindet, vorzugsweise eine Flüssigkeit, bereits bei den geringsten Deformationen wie eine Linse, da die bei gewöhnlichen Lithographieobjektiven aufgrund des Verbundes Luft-Glas-Luft entstehenden Kompensationseffekte entfallen. Dies gilt umso mehr als das Abschlusselement optisch wirksam ist und außerdem meist eine relativ geringe Dicke aufweist. Hierdurch hat das Abschlusselement eine deutlich engere Deformationstoleranz zu erfüllen, wobei zusätzlich Schwankungen des Gasdrucks vor dem Abschlusselement sowie des Flüssigkeitsdrucks nach dem Abschlusselement zu weiteren Deformationen führen können. Da naturgemäß die Dichtungsanforderungen an die Verbindung zwischen dem Abschlusselement und der Fassung bei der Immersionslithographie deutlich größer sind als bei der üblichen Lithographie, steigen auch die Kräfte, die für eine solche Abdichtung benötigt werden, was wiederum die potentielle Deformation des Abschlusselements erhöht.

Ein weiteres, bei der Verwendung bekannter Lithographieobjektive in der Immersionslithographie auftretendes Problem besteht darin, dass das Abschlusselement und die Fassung erheblich unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweisen, was bei Temperaturschwankungen des Immersionsmediums bzw. der Umgebung sowie aufgrund der von der Laserstrahlung erzeugten Wärme ebenfalls zu Deformationen des Abschlusselements und somit zu einer Verringerung der Abbildungsgenauigkeit führt.

30

Es ist daher Aufgabe der vorliegenden Erfindung, eine Haltevorrichtung für ein optisches Element in einem Objektiv zu schaffen, welche besonders, jedoch nicht nur ausschließlich dafür geeignet ist, die an ein Lithographieobjektiv in der Immersionslithographie gestellten Anforderungen hinsichtlich der Deformation des optischen Elements und der sich daraus ergebenden Abbildungsgenauigkeit zu erfüllen.

Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe gelöst durch eine Haltevorrichtung für ein optisches Element in einem Objektiv mit einer Fassung, welche einerseits mit dem Objektiv und andererseits zumindest mittelbar mit dem optischen Element verbunden ist, wobei zwischen der Fassung und dem optischen Element ein Versteifungselement angeordnet ist, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient im wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des optischen Elements entspricht.

- 10 Zwischen der Fassung und dem optischen Element ist gemäß der vorliegenden Erfindung ein Versteifungselement angeordnet, welches vorteilhafterweise für eine erhebliche Versteifung der erfindungsgemäßen Haltevorrichtung sorgt und so dazu beiträgt, dass das optische Element starr und sicher gehalten wird, so  
15 dass eine Verformung desselben durch die bei der Immersionslithographie auftretenden Kräfte nicht zu erwarten ist.

- Dadurch, dass erfindungsgemäß das Versteifungselement einen Wärmeausdehnungskoeffizienten aufweist, der im wesentlichen  
20 dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des optischen Elements entspricht, ergeben sich keinerlei Unterschiede bezüglich der Ausdehnung der beiden Bauteile bei einer Änderung der Temperatur des Immersionsmediums oder bei der Einwirkung der Laserstrahlung. Dadurch wird das optische Element von der Fassung  
25 entkoppelt und das oben verdeutlichte Problem der unterschiedlichen Wärmeausdehnung wird an eine andere Stelle innerhalb des Objektivs verlagert, an welcher deren Auswirkungen sehr viel geringer sind.

- 30 Des weiteren bietet das erfindungsgemäße Versteifungselement eine sehr gute Möglichkeit, das Objektiv gegenüber dem Immersionsmedium abzudichten. So ist in einer vorteilhaften Ausgestaltung zwischen dem optischen Element und dem Versteifungselement eine Dichtungseinrichtung angeordnet.

35

Eine besonders einfache Möglichkeit zur Realisierung des wenigstens annähernd identischen Wärmeausdehnungskoeffizienten des Versteifungselements und des optischen Elements kann darin

bestehen, dass das Versteifungselement und das optische Element aus demselben Material bestehen.

In einer weiteren vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung  
5 kann ferner vorgesehen sein, dass das Versteifungselement und das optische Element durch eine Ansprengverbindung miteinander verbunden sind. Dies stellt eine zum einen sehr einfach zu realisierende Verbindungsmöglichkeit zwischen dem Versteifungselement und dem optischen Element dar und gewährt zum anderen,  
10 gegebenenfalls auch ohne die oben erwähnte Dichtungseinrichtung, eine sehr gute Dichtheit zwischen dem optischen Element und dem Versteifungselement, so dass das Immersionsmedium nicht in das Objektiv eindringen kann.

15 Des weiteren kann zur Verbesserung der Dichtheit der Ansprengverbindung vorgesehen sein, dass die Kontaktflächen des optischen Elements und des Versteifungselements vor dem Ansprengen mit einer chemisch aktivierenden Flüssigkeit behandelt und nach dem Ansprengen einer Temperatur von mehr als 150° ausgesetzt werden.  
20

Die Dichtheit der Ansprengverbindung wird erhöht, wenn das optische Element und/oder das Versteifungselement in einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung im Bereich der Ansprengverbindung mit einer Schutzschicht versehen sind.  
25

Um auch ein Eindringen eventueller Ausgasungen des Immersionsmediums in das Objektiv zu vermeiden, kann in einer weiteren vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung vorgesehen sein,  
30 dass zwischen der Fassung und dem Versteifungselement eine Dichtungseinrichtung angeordnet ist. Hierbei kann die Dichtungseinrichtung derart angeordnet sein, dass ein Kontakt derselben mit dem Immersionsmedium vermieden wird.

35 Ein Objektiv mit einem optischen Element und mit einer Haltevorrichtung für das optische Element mit einer Fassung, welche einerseits mit dem Objektiv und andererseits zumindest mittelbar mit dem optischen Element verbunden ist, wobei zwischen

der Fassung und dem optischen Element ein Versteifungselement angeordnet ist, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient im wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des optischen Elements entspricht, ist in Anspruch 24 angegeben.

5

Ein Verfahren zum Verbinden eines optischen Elements und eines Versteifungselement in einem Objektiv, wobei das optische Element und das Versteifungselement mittels Ansprengen miteinander verbunden werden, ergibt sich aus Anspruch 32.

10

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung ergeben sich aus den restlichen Unteransprüchen. Nachfolgend sind Ausführungsbeispiele der Erfindung anhand der Zeichnung prinzipiell beschrieben.

15

Es zeigt:

20

Figur 1 eine erste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung;

25

Figur 2 eine zweite Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung;

30

Figur 3 das Objektiv aus Figur 2 mit verschiedenen Füllständen des Immersionsmediums;

35

Figur 4 eine dritte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung;

35

Figur 5 eine vierte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrichtung;

Figuren 6a, 6b, 6c verschiedene Geometrien einer Ansprengverbindung zwischen dem optischen Element und dem Ver-

..steifungselement;

Figur 7 eine fünfte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen  
Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrich-  
tung;

Figur 8 eine sechste Ausführungsform eines erfindungsgemäßen  
Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrich-  
tung;

Figur 9 eine siebte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen  
Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrich-  
tung;

Figur 10 eine achte Ausführungsform eines erfindungsgemäßen  
Objektivs mit einer erfindungsgemäßen Haltevorrich-  
tung; und

Figur 11 eine Verbindung eines optischen Elements mit einem  
Versteifungselement, bei der das optische Element ei-  
ne Schutzschicht aufweist.

Figur 1 zeigt eine erste Ausführungsform eines als Lithogra-  
phieobjektiv 1 ausgebildeten Objektivs, welches insbesondere  
für die Immersionslithographie geeignet ist, jedoch auch für  
andere Arten der Lithographie und auch für sonstige Zwecke  
eingesetzt werden kann. Da die Immersionslithographie an sich  
bekannt ist, wird hierin nicht näher auf dieses Verfahren ein-  
gegangen. Das Lithographieobjektiv 1 weist ein äußerst schema-  
tisch angedeutetes Gehäuse 2 auf, innerhalb welchem in an sich  
bekannter Weise mehrere optische Elemente 3 angeordnet sind,  
deren Anzahl und Anordnung jedoch nur als beispielhaft anzuse-  
hen sind.

An der Unterseite des Gehäuses 2 ist eine Grundstruktur bzw.  
Fassung 4 angebracht, welche beispielsweise mittels nicht dar-  
gestellter Gewinde mit dem Gehäuse 2 verschraubt sein kann, um  
abnehmbar mit demselben verbunden zu sein. Selbstverständlich

sind jedoch auch andere Arten einer Verbindung der Fassung 4 mit dem Gehäuse 2 denkbar, mit deren Hilfe die Fassung 4 von dem Gehäuse 2 abgenommen werden kann. Die Fassung 4 dient zur Aufnahme einer Abschlussplatte bzw. eines Abschlusselements 5, welches mittels einer nachfolgend näher beschriebenen Haltevorrichtung 6 in der Fassung 4 gehalten ist und welches das Lithographieobjektiv 1 nach unten gegenüber einem Immersionsmedium 7 abschließt. Statt für das Abschlusselement 5 kann die Haltevorrichtung 6 auch ganz allgemein für ein optisches Element verwendet werden.

Zwischen der Fassung 4 und dem Abschlusselement 5 ist ein Verbindungs- bzw. Versteifungselement 8 als Teil der Haltevorrichtung 6 angeordnet, welches die Verbindung des Abschlusselements 5 mit der Fassung 4 herstellt. Das Versteifungselement 8, welches zum Erreichen eines Abstands in z-Richtung des Abschlusselements 5 von der Fassung 4 eine Kröpfung 9 aufweist, stellt die Steifigkeit der Anbringung des Abschlusselements 5 an der Fassung 4 sicher.

20

Um eine eventuelle Übertragung von Wärme aus dem Immersionsmedium 7 auf das Abschlusselement 5 nicht an die Fassung 4 zu übertragen, weist das Versteifungselement 8 darüber hinaus einen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf, der im wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des Abschlusselements 5 entspricht. Um dies in möglichst einfacher Weise zu realisieren, besteht das Versteifungselement 8 vorzugsweise aus demselben Material wie das Abschlusselement 5. Bei Lithographieobjektiven 1, die im DUV- (also 248 nm), im VUV- (also 193 nm) bzw. im 157 nm-Bereich arbeiten, handelt es sich bei dem für das Abschlusselement 5 und das Versteifungselement 8 verwendeten Material um Quarz ( $\text{SiO}_2$ ) oder um Kalziumfluorid ( $\text{CaF}_2$ ). Wenn das Abschlusselement 5 aus  $\text{CaF}_2$  besteht, so kann für das Versteifungselement 8 beispielsweise auch Messing verwendet werden, da dieses Material einen sehr ähnlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten wie Kalziumfluorid hat. In jedem Fall sollte für das Abschlusselement 5 und das Versteifungselement 8 ein Material verwendet werden, welches gegenüber dem Immersionsmedium



7 beständig ist. Als Immersionsmedium wird vorzugsweise eine Flüssigkeit, beispielsweise Wasser, eingesetzt.

Das Abschlusselement 5 ist mit dem Versteifungselement 8 durch  
5 eine Anspengverbindung 10 verbunden, wobei auf die möglichen Geometrien dieser Anspengverbindung 10 in den Figuren 6a, 6b und 6c näher eingegangen wird. Durch die in an sich bekannter Weise herstellbare Anspengverbindung 10 ergibt sich bereits eine sehr gute Dichtheit der Verbindung zwischen dem Ab-  
10 schlusselement 5 und dem Versteifungselement 8, insbesondere wenn die beiden Anspengpartner, also das Versteifungselement 8 und das Abschlusselement 5 vor dem Anspengen mit einer chemisch aktivierenden Flüssigkeit behandelt und nach dem Anspengen einer Temperatur von mehr als 150° ausgesetzt werden.  
15 Um diese Dichtheit weiter zu verbessern, ist bei der dargestellten Ausführungsform zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 eine Dichtungseinrichtung 11 angeordnet. Die Dichtungseinrichtung 11 sorgt zusätzlich zu der Anspengverbindung 10 für eine Dichtheit in dem Adhäsionsspalt  
20 zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 und verhindert ein Eindringen des Immersionsmediums 7 auch bei einer eventuellen Kapillarkwirkung in dem Adhäsionsspalt. Vorzugsweise handelt es sich um eine Dichtungseinrichtung 11, welche beim Zusammenwirken mit dem Immersionsmedium 7 keine  
25 Reaktion zeigt und eine möglichst geringe Quellung aufweist. Gegenüber dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 weist die Dichtungseinrichtung 11 vorzugsweise einen annähernd identischen Wärmeausdehnungskoeffizienten auf. Die Dichtungseinrichtung 11 kann sowohl an der Innenseite, an der Außenseite  
30 als auch an beiden Seiten der Anspengverbindung 10 angeordnet sein. Gegebenenfalls kann es sich bei der Dichtungseinrichtung 11 auch um ein separates Teil handeln, wie beispielsweise einen Dichtungsring. Die Anspengverbindung 10 und/oder die Dichtungseinrichtung 11 sorgen dabei auch für eine  
35 Gasdichtheit des Lithographieobjektivs 1.

Alternativ zu der Anspengverbindung 10 ist auch eine Verbindung des Abschlusselements 5 mit dem Versteifungselement 8

durch Kleben und/oder Löten denkbar, wobei im Falle von Löten ein möglichst niedrig schmelzendes Lot verwendet werden sollte. Die Anspengverbindung 10 ist gasdicht und im wesentlichen unempfindlich gegenüber einem Kontakt mit dem Immersionsmedium 7, so dass auch eine mögliche zusätzliche Sicherungsklebung auf der Innenseite der Anspengverbindung 10 ausreichend geschützt ist. Sowohl bei der Anspengverbindung 10 als auch bei der nicht dargestellten Lötverbindung handelt es sich um eine harte Verbindung des Abschlusselements 5 mit dem Versteifungselement 8, wobei durch den im wesentlichen identischen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 keine Probleme bezüglich einer eventuellen Übertragung von Kräften entstehen.

15 In nicht dargestellter Weise könnten das Abschlusselement 5 und das Versteifungselement 8 auch einteilig miteinander ausgebildet sein, d.h. es könnte sich um ein einziges, monolithisches Bauteil handeln, welches einerseits die eigentliche Funktion des Abschlusselements 5, nämlich den Abschluss des  
20 Lithographieobjektivs 1 in Richtung des Immersionsmediums 7, und andererseits eine steife Anbringung des Abschlusselements 5 an der Fassung 4 sicherstellen könnte. Hierzu müsste die optische Fläche, also der von dem Abschlusselement 5 gebildete Abschnitt, eine ausreichend geringe Dicke aufweisen, wohingegen der von dem Versteifungselement 8 gebildete Abschnitt eines solchen Bauteils so ausgebildet sein müsste, dass die  
25 Steifigkeit der optischen Fläche gewährleistet wäre.

Die Fassung 4 besteht vorzugsweise aus einem metallischen Material, wie beispielsweise Edelstahl. Alternativ kann die Fassung 4 auch aus anderen in der Opto-Mechanik bekannten Materialien bestehen, wie Keramik, Invar, Zerodur, Messing und weiteren metallischen Legierungen. Die Unterschiede zwischen diesen Materialien sowie die einzelnen Vorteile sind an sich bekannt, weshalb hierin nicht näher darauf eingegangen wird. Selbstverständlich ist es zu bevorzugen, wenn das Material der Fassung 4 bezüglich seiner Eigenschaften zu dem Material des Gehäuses 2 passt.

Das Versteifungselement 8 ist innerhalb der Fassung 4 mittels mehrerer elastischer Auflagepunkte 12 gelagert, wobei vorzugsweise drei Auflagepunkte 12 vorhanden sind. Als elastische Auflagepunkte 12 können beispielsweise Federelemente verwendet werden. Weiterhin ist eine elastische Bettung mit einer Vielzahl sehr weicher Federelemente denkbar. In diesen beiden Fällen ist zum Verbinden des Versteifungselements 8 mit den Lagerstellen der Fassung 4 ein harter Kleber, Klemmen oder Löten geeignet. Auch eine isostatische Lagerung des Versteifungselement 8 innerhalb der Fassung 4 kann vorgesehen sein.

Im theoretisch ebenfalls möglichen Fall der Lagerung mittels einer Ringschneide oder dreier fester Auflagepunkte sollte zur Entkopplung der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten ein gummiweicher Kleber angewendet werden. Für die Lagerung des Versteifungselements 8 kann jeweils die geeignetste der aus anderen Anwendungen an sich bekannten Lösungen verwendet werden.

Des weiteren sind im vorliegenden Fall Befestigungselemente 13 vorgesehen, welche an der neutralen Faser des Versteifungselements 8 angreifen, also an dem Bereich, an dem die geringste Verformung des Versteifungselements 8 zu erwarten ist.

Um die Befestigungselemente 13 vor dem Immersionsmedium 7 bzw. vor eventuellen Ausgasungen aus demselben zu schützen, ist zwischen der Fassung 4 und dem Versteifungselement 8 eine zusätzliche Dichtungseinrichtung 14 vorgesehen. Diese Dichtungseinrichtung 14 kann derart angeordnet sein, dass ein Kontakt derselben mit dem Immersionsmedium 7 vermieden wird. Die Dichtungseinrichtung 14 ist im vorliegenden Fall in Form einer sehr dünnen, balgartig gestalteten Membran ausgeführt, welche an Klebestellen 14a und 14b einerseits an das Abschlusselement 5 und andererseits an das Versteifungselement 8 angeklebt wird, wobei sich die Klebestellen 14a und 14b außerhalb des Immersionsmediums 7 befinden sollten. Bei einer dichten Verbindung des Versteifungselements 8 mit der Fassung 4, insbe-

sondere bei der Verwendung eines gummiweichen Klebers oder Kitts, dient die Dichtungseinrichtung 14 als zusätzlicher Schutz. Die Dichtungseinrichtung 14 in Form der Membran kann beispielsweise durch galvanisches Abscheiden von Nickel auf  
5 einer Form hergestellt werden. Hierbei sollte die Dichtungseinrichtung 14 so dimensioniert werden, dass auf das Versteifungselement 8 möglichst geringe Deformationen übertragen werden. Durch die Klebestellen 14a und 14b ist eine Entkopplung der Dichtungseinrichtung 14 derart gegeben, dass sich im we-  
10 sentlichen kein Einfluss auf das Versteifungselement 8 ergibt. Sowohl der gummiweiche Kleber zur Befestigung des Versteifungselements 8 in der Fassung 4 als auch zum Befestigen der Dichtungseinrichtung 14 können unter Einfluss von Feuchtigkeit gegebenenfalls quellen. Deshalb ist es zu bevorzugen, die  
15 Dichtungseinrichtung 14 anzulöten und so Feuchtigkeit sicher von dem gummiweichen Kleber fernzuhalten.

Bei der Ausführungsform des Lithographieobjektivs 1 bzw. der Haltevorrichtung 6 zum Halten des Abschlusselements 5 gemäß  
20 Figur 2 sind statt der elastischen Auflagepunkte 12 mehrere Klebestellen 15 vorgesehen, welche eine zusätzlich Fixierung des Versteifungselements 8 innerhalb der Fassung 4 ermöglichen. Des weiteren ist in Figur 2 ein mittels des Lithographieobjektivs 1 in an sich bekannter Weise hergestellter Wafer  
25 16 dargestellt und die Höhe des Immersionsmediums 7 übersteigt hier die Verbindung zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8.

In Figur 3 sind mehrere Füllstände des Immersionsmediums 7  
30 dargestellt, welche bei der Verwendung des Lithographieobjektivs 1 bei der Immersionslithographie möglich sind. Bei dem Füllstand bzw. Immersionsmedienstand 7a befindet sich dieses auf Höhe der unteren optischen Fläche des Abschlusselements 5, wobei in diesem Zustand keine besonderen Vorkehrungen bezüglich der Dichtigkeit der Verbindung zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8, also beispielsweise der  
35 Anspengverbindung 10, erforderlich sind. Ähnliches gilt auch für den Immersionsmedienstand 7b auf der Außenfläche des Ab-

schlusselements 5, wobei zu beachten ist, dass bei dieser Höhe eine größere Wahrscheinlichkeit besteht, dass das Immersionsmedium 7 beispielsweise aufgrund von Strömungsbewegungen in den Bereich der Verbindung zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 gelangt. Schließlich befindet sich bei dem Immersionsmedienstand 7c das Immersionsmedium 7 oberhalb der Verbindung zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8, so dass an die Dichtheit dieser Verbindung höhere Anforderungen gestellt werden. Die Möglichkeiten, diesen Anforderungen gerecht zu werden, wurden beispielsweise unter Bezugnahme auf die Dichtungseinrichtung 11 sowie auf die Klebe- und/oder Lötverbindung bereits beschrieben. Zusätzlich können die Fassung 4, das Abschlusselement 5 und das Versteifungselement 8 durch Beschichtung oder geeignete chemische Verfahren gegen korrosive Einflüsse des Immersionsmediums 7 geschützt werden.

In der Ausführungsform des Lithographieobjektivs 1 bzw. der Haltevorrichtung 6 gemäß Figur 4 ist die Entkopplung der unterschiedlichen Wärmeausdehnungskoeffizienten zwischen der Fassung 4 und dem Versteifungselement 8 mittels eines elastischen Entkopplungselements 17 gelöst. Das elastische Entkopplungselement 17 weist in der vorliegenden Ausführungsform einen umlaufenden Verbindungsring 18 auf, von dem sich vorzugsweise jeweils drei Koppelglieder 19 in Richtung der Fassung 4 und in Richtung des Versteifungselements 8 erstrecken und mit diesen beiden Bauteilen beispielsweise verklebt sein können. Die Koppelglieder 19 sind einteilig mit dem Verbindungsring 18 ausgebildet und bilden jeweilige Festkörpergelenke, mittels derer die Dezentrierung des Versteifungselements 8 eingestellt werden kann. Statt der Verbindung der Koppelglieder 19 über den umlaufenden Verbindungsring 18 können auch mehrere einzelne, vorzugsweise drei, elastische Entkopplungselemente 17 um den Umfang des Versteifungselements 8 bzw. der Fassung 4 vorgesehen sein. Die Entkopplungselemente 17 bilden hier die isostatische Lagerung des Versteifungselements 8.

Bei sämtlichen oben beschriebenen Ausführungsformen des Litho-

graphieobjektivs 1 ist eine Abstimmung der z-Position des Abschlusselements 5, also die Ausrichtung entlang der optischen Achse (z-Achse), sowie des sogenannten Kipps durch nicht dargestellte Manipulatoren oder durch auf Maß geschliffene Scheiben möglich. In Figur 5 ist eine Ausführungsform des Lithographieobjektivs 1 und der Haltevorrichtung 6 dargestellt, welche insbesondere die Justage des zulässigen Kipps um den Winkel  $\alpha$  vereinfacht. Hierbei ist das Versteifungselement 8 auf seiner der Fassung 4 und somit dem elastischen Entkopplungselement 17 zugewandten Seite mit einem Radius 20 bzw. einer spärlichen Fläche versehen. Durch Verschieben der Fassung 4 auf dem Radius 20 relativ zu dem Versteifungselement 8 kann der Kipp des Versteifungselements 8 und somit auch derjenige des Abschlusselements 5 auf den gewünschten Wert eingestellt werden. Dies kann mittels des an sich bekannten Verfahrens des sogenannten Einkugeln erfolgen. Nach Einstellung dieses Werts ist ein Verkleben oder ein Löten mit einem niedrig schmelzenden Lot an der Auflagestelle des elastischen Entkopplungselements 17 auf dem Versteifungselement 8 möglich. Zusätzlich sollte bei der Verwendung eines harten Klebers eine nicht dargestellte radiale Entkopplung vorgesehen sein.



In den Figuren 6a, 6b und 6c sind mehrere Geometrien der Ansprengverbindung 10 zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 dargestellt. Bei der in Figur 6a dargestellten Ansprengverbindung 10 weisen sowohl das Abschlusselement 5 als auch das Versteifungselement 8 jeweils ebene Flächen auf. Bei der Ausführung gemäß Figur 6b ist die Ansprengfläche des Abschlusselements 5 konvex ausgeführt, wohingegen das Versteifungselement 8 in diesem Bereich konkav ausgebildet ist. Im Unterschied hierzu ist bei der Ausführung gemäß Figur 6c das Abschlusselement 5 mit einer konkaven Ansprengfläche und das Versteifungselement 8 mit einer konvexen Ansprengfläche versehen. Unabhängig davon, ob es sich bei den Ansprengflächen um konkave oder konvexe Flächen handelt, können diese jeweils sphärisch oder asphärisch ausgeführt sein, wobei aus Gründen einer bestmöglichen Verbindung des Abschlusselements 5 mit dem Versteifungselement 8 entweder beide Flächen sphärisch



ums 7 permanent abgesaugt werden. Hierzu dient eine Absaugleitung 31, welche sich oberhalb der Füllhöhe des Immersionsmediums 7 befindet. Selbstverständlich wäre es auch möglich, die Absaugleitung 31 in die Fassung 4 zu integrieren.

5

In nicht dargestellter Weise kann derjenige Bereich des Abschlusselements 5, der sich innerhalb des Immersionsmediums 7 befindet, strömungsoptimiert ausgelegt sein, um bei einer Bewegung des Immersionsmediums 7 keine Vibrationen innerhalb des Medienraums 24 zu erzeugen.

Wenn bei der Ausführungsform des Lithographieobjektivs 1 gemäß Figur 9 eine Abdichtung zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 nicht erforderlich ist, so kann der sich hier ergebende Füllstand 7d des Immersionsmediums 7 durch den Druck innerhalb des Gasraums 21 gesteuert oder geregelt werden.

In Figur 10 ist eine Manipulationseinrichtung 32 dargestellt, welche es ermöglicht, das Abschlusselement 5 entlang der optischen Achse und in der Ebene senkrecht zu der optischen Achse zu verschieben und/oder um eine Achse senkrecht zu der optischen Achse zu kippen. Hierzu weist die Manipulationseinrichtung 32 im vorliegenden Fall mehrere zwischen dem Gehäuse 2 und der Fassung 4 um den Umfang des Gehäuses 2 verteilte Aktuatoren 33 auf. Diese können in an sich bekannter Weise die oben beschriebene Verschiebung des Abschlusselements 5 ermöglichen. Zusätzlich oder alternativ kann auch eine Auflageplatte 34, auf der der Wafer 16 aufliegt, in den oben angegebenen Richtungen verschoben bzw. verkippt werden.

Die Aktuatoren 33 können optional steuerbar bzw. regelbar ausgeführt sein, wobei geregelte Aktuatoren 33 eine integrierte Sensorik voraussetzen. Hierzu kann ein nicht dargestelltes Meßsystem zur Ermittlung des Kipps und/oder der Dezentrierung und/oder der z-Position des Abschlusselements 5 mit der Manipulationseinrichtung 32 verbunden ist. Des weiteren kann ein Regelkreis zur Regelung des Kipps und/oder der Dezentrierung

und/oder der z-Position des Abschlusselements 5 vorgesehen sein, welcher die Manipulationseinrichtung 32, das Meßsystem und eine Regeleinrichtung aufweist. Statt der Manipulationseinrichtung 32 können auch an sich bekannte Abstandshalter eingesetzt werden, um die z-Position des Abschlusselements 5 einzustellen.

In dem Bereich, in dem das Abschlusselement 5 und das Versteifungselement 8 einander berühren, ist, wie in der vergrößerten Darstellung gemäß Figur 11 zu erkennen, sowohl auf dem Abschlusselement 5 als auch auf dem Versteifungselement 8 eine Schutzschicht 35 vorgesehen. Diese Schutzschicht 35 soll zum einen verhindern, dass das Immersionsmedium 7 die Anspengverbindung 10 zwischen dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 löst, und zum anderen, dass dasselbe im Bereich der Anspengverbindung 10 in direkten Kontakt mit dem Material des Abschlusselements 5 kommt. Auf diese Weise ist es möglich, Pässe-Änderungen durch ein ansonsten mögliches Anlösen des Materials des Abschlusselements 5 zu verhindern, da durch die Schutzschicht 35 bei sämtlichen Wellenlängen der verwendeten Laserstrahlung ein ausreichender Schutz der Anspengverbindung 10 der Abschlussplatte 5 sichergestellt wird. Gegebenenfalls könnte die Schutzschicht 35 auch nur auf dem Abschlusselement 5 oder auf dem Versteifungselement 8 aufgebracht sein, wobei die Form des Abschlusselements 5 und des Versteifungselements 8 unerheblich ist.

Hierzu sollte das Material der Schutzschichten 35 eine schlechte Wasserlöslichkeit und eine gute Wasserundurchlässigkeit bzw. geringe Wasserpermeabilität aufweisen sowie Haftfestigkeitseigenschaften auf dem Material des Abschlusselements 5, vorzugsweise auf  $\text{CaF}_2$ -Substraten, besitzen. Als Schichtmaterial kommen insbesondere aus dem allgemeinen Stand der Technik bekannte sogenannte Sol-Gel-Materialien in Frage, welche meist aus organischen Lösungsmittelgemischen gebildet sind und sowohl auf oxidischen als auch auf fluoridischen Schichten eine sehr gute Haftung aufweisen. Möglichkeiten zur Aufbringung der Sol-Gel-Schutzschichten bestehen unter anderem in der Schleu-



derbeschichtung, der Tauchbeschichtung, der Sprühbeschichtung sowie durch Streichen. Selbstverständlich könnten auch andere Verfahren zum Aufbringen der Schutzschichten 35 auf dem Abschlusselement 5 und dem Versteifungselement 8 angewandt werden. Bei den beschriebenen Verfahren handelt es sich um sehr einfach, schnell und mit geringem technischen Aufwand im Vergleich zu anderen Beschichtungsverfahren durchführbare Arten der Aufbringung der Schutzschichten 35. Dies gilt insbesondere aufgrund der komplexen Geometrie des Abschlusselements 5 und des Versteifungselements 8 im Bereich der Anspriegungsverbindung 10.

Neben Einzelschichten können auch aus mehreren Sol-Gel-Einzelschichten bestehende Schichtsysteme angewendet werden, solange die geforderten Eigenschaften betreffend der Wasserlöslichkeit, der Wasserpermeabilität und der Haftfestigkeit eingehalten werden.

Um eventuelle Schichtrisse zu vermeiden, sind Schichtdicken von weniger als 1  $\mu\text{m}$  empfehlenswert. Da keine Spezifikationen bezüglich Transmission oder Reflexion zu erfüllen sind, können die Schutzschichten 35 sowohl transparent als auch absorbierend ausgeführt sein.

Patentansprüche:

1. Haltevorrichtung (6) für ein optisches Element (5) in einem  
Objektiv (1) mit einer Fassung (4), welche einerseits mit  
dem Objektiv (1) und andererseits zumindest mittelbar mit  
dem optischen Element (5) verbunden ist, wobei zwischen der  
Fassung (4) und dem optischen Element (5) ein Versteifungs-  
element (8) angeordnet ist, dessen Wärmeausdehnungskoeffi-  
zient im wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des  
optischen Elements (5) entspricht.
2. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen dem optischen Element (5) und dem Verstei-  
fungselement (8) eine Dichtungseinrichtung (11) angeordnet  
ist.
3. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Versteifungselement (8) und das optische Element  
(5) aus demselben Material bestehen.
4. Haltevorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Versteifungselement (8) und das optische Element  
(5) aus  $\text{SiO}_2$  bestehen.
5. Haltevorrichtung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Versteifungselement (8) und das optische Element  
(5) aus  $\text{CaF}_2$  bestehen.
6. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass das optische Element (5) und das Versteifungselement  
(8) durch eine Ansprengverbindung (10) miteinander verbun-  
den sind.
7. Haltevorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet,  
dass das optische Element (5) und das Versteifungselement  
(8) im Bereich der Ansprengverbindung (10) jeweilige im we-  
sentlichen ebene Flächen aufweisen.

8. Haltevorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (5) und das Versteifungselement (8) im Bereich der Anspengverbindung (10) jeweilige sphärische Flächen aufweisen.

5

9. Haltevorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (5) und das Versteifungselement (8) im Bereich der Anspengverbindung (10) jeweilige asphärische Flächen aufweisen.

10

10. Haltevorrichtung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (5) und/oder das Versteifungselement (8) im Bereich der Anspengverbindung (10) mit einer Schutzschicht (35) versehen sind.

15

11. Haltevorrichtung nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (35) durch Sol-Gel-Materialien gebildet ist.

20 12. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (5) und das Versteifungselement (8) durch Kleben miteinander verbunden sind.

25 13. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (5) und das Versteifungselement (8) durch Löten miteinander verbunden sind.

30 14. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das optische Element (5) und das Versteifungselement (8) einteilig miteinander ausgebildet sind.

15. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen der Fassung (4) und dem Versteifungselement (8) eine Dichtungseinrichtung (14) angeordnet ist.

35

16. Haltevorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichtungseinrichtung (14) derart angeordnet ist, dass ein Kontakt derselben mit einem Immersionsmedium (7)

vermieden wird.

- 5 17. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Versteifungselement (8) mittels einer isostati-  
schen Lagerung innerhalb der Fassung (4) gehalten ist.
- 10 18. Haltevorrichtung nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet,  
dass die isostatische Lagerung mehrere, vorzugsweise drei,  
elastische Auflagepunkte (12) zwischen dem Versteifungsele-  
ment (8) und der Fassung (4) aufweist.
- 15 19. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass das Versteifungselement (8) mittels mehrerer Befesti-  
gungselemente (13) an der Fassung (4) angebracht ist.
- 20 20. Haltevorrichtung nach Anspruch 19, dadurch gekennzeichnet,  
dass die Befestigungselemente (13) an der neutralen Faser  
des Versteifungselements (8) angreifen.
- 20 21. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass zwischen der Fassung (4) und dem Versteifungselement  
(8) wenigstens ein elastisches Entkopplungselement (17) an-  
geordnet ist.
- 25 22. Haltevorrichtung nach Anspruch 21, dadurch gekennzeichnet,  
dass das elastische Entkopplungselement (17) mehrere Kop-  
pelglieder (19) aufweist, welche auf einer einen Radius  
(20) aufweisenden Fläche des Versteifungselements (8) auf-  
liegen.
- 30 23. Haltevorrichtung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,  
dass das optische Element als Abschlusselement (5) ausge-  
bildet ist.
- 35 24. Objektiv mit einem optischen Element (5) und mit einer Hal-  
tevorrichtung (6) für das optische Element (5) mit einer  
Fassung (4), welche einerseits mit dem Objektiv (1) und an-  
dererseits zumindest mittelbar mit dem optischen Element

(5) verbunden ist, wobei zwischen der Fassung (4) und dem optischen Element (5) ein Versteifungselement (8) angeordnet ist, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient im wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des optischen Elements (5) entspricht.

25. Objektiv nach Anspruch 24, welches als Lithographieobjektiv (1) ausgebildet ist.

26. Objektiv nach Anspruch 25, welches für die Immersionslithographie vorgesehen ist.

27. Objektiv nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem optischen Element (5) und einem innerhalb des Lithographieobjektivs (1) angeordneten optischen Element (3) eine Gas- bzw. Immersionsmediumzuführleitung (22) und eine Gas- bzw. Immersionsmediumabführleitung (23) vorgesehen sind.

28. Objektiv nach Anspruch 26, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen dem optischen Element (5) und einem Immersionsmedium (7) eine Gaszuführleitung (26) und eine Gasabsaugleitung (27) zu und von einem Medienraum (24) vorgesehen sind.

29. Objektiv nach Anspruch 24, dadurch gekennzeichnet, dass eine Manipulationseinrichtung (32) vorgesehen ist, mittels welcher das optische Element (5) entlang einer optischen Achse und/oder in einer Ebene senkrecht zu der optischen Achse verschiebbar und/oder um eine Achse senkrecht zu der optischen Achse kippbar ist.

30. Objektiv nach Anspruch 29, dadurch gekennzeichnet, dass mit der Manipulationseinrichtung (32) ein Meßsystem zur Ermittlung des Kipps und/oder der Dezentrierung und/oder der z-Position des optischen Elements (5) verbunden ist.

31. Objektiv nach Anspruch 30, dadurch gekennzeichnet, dass ein Regelkreis zur Regelung des Kipps und/oder der Dezentrie-

rung und/oder der z-Position des optischen Elements (5) vorgesehen ist, welcher die Manipulationseinrichtung (32), das Meßsystem und eine Regeleinrichtung aufweist.

- 5 32. Verfahren zum Verbinden eines optischen Elements (5) und eines Versteifungselements (8) in einem Objektiv (1), wobei das optische Element (5) und das Versteifungselement (8) mittels Ansprengen miteinander verbunden werden.
- 10 33. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass jeweilige Kontaktflächen des optischen Elements (5) und des Versteifungselements (8) vor dem Ansprengen mit einer chemisch aktivierenden Flüssigkeit behandelt und nach dem Ansprengen einer Temperatur von mehr als 150° ausgesetzt werden.
- 15 34. Verfahren nach Anspruch 33, dadurch gekennzeichnet, dass als chemisch aktivierende Flüssigkeit eine Säure verwendet wird.
- 20 35. Verfahren nach Anspruch 32, dadurch gekennzeichnet, dass im Bereich der Ansprengverbindung (10) an dem optischen Element (5) und/oder an dem Versteifungselement (8) eine Schutzschicht (35) angebracht wird.
- 25 36. Verfahren nach Anspruch 35, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht (35) durch ein Sol-Gel-Verfahren aufgebracht wird.

30

Zusammenfassung:

Haltevorrichtung für ein Abschlusselement in einer Immersions-  
lithographievorrichtung

5

Eine Haltevorrichtung (6) für ein optisches Element (5) in einem Objektiv (1) weist eine Fassung (4) auf, welche einerseits mit dem Objektiv (1) und andererseits zumindest mittelbar mit dem optischen Element (5) verbunden ist. Zwischen der Fassung  
10 (4) und dem optischen Element (5) ist ein Versteifungselement (8) angeordnet, dessen Wärmeausdehnungskoeffizient im wesentlichen dem Wärmeausdehnungskoeffizienten des optischen Elements (5) entspricht.

15 (Figur 1)

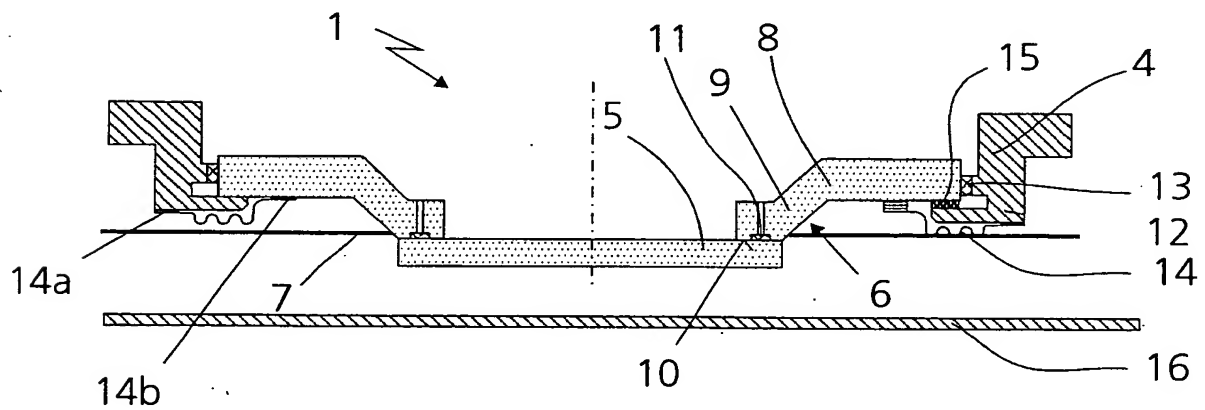
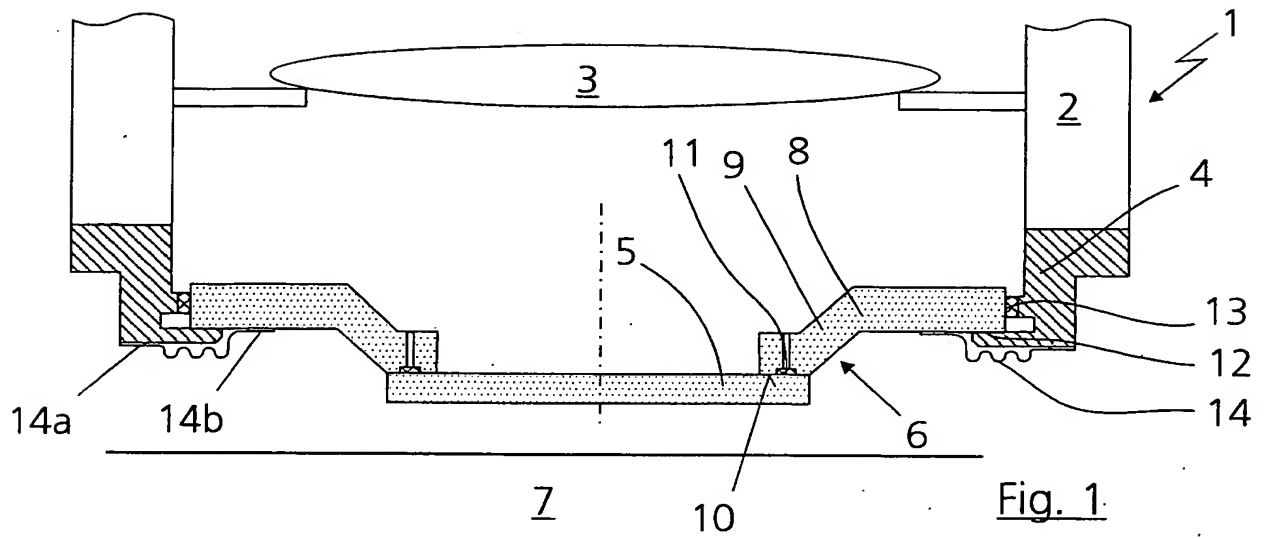


Fig. 2

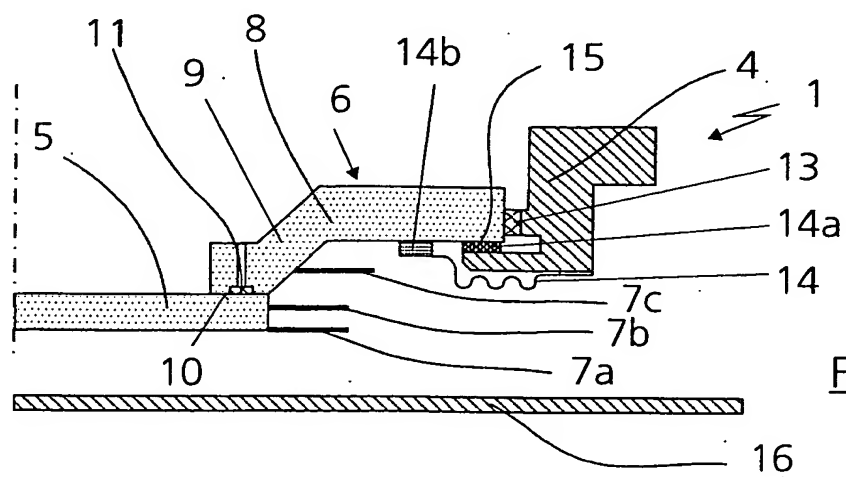
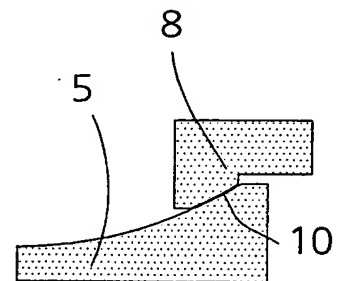
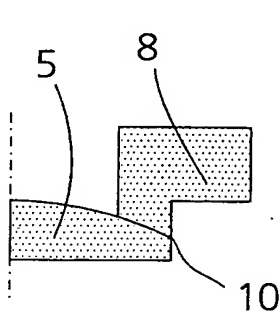
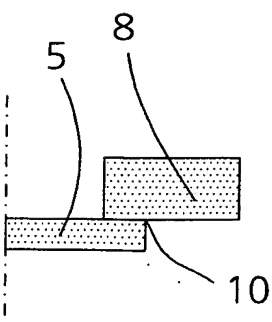
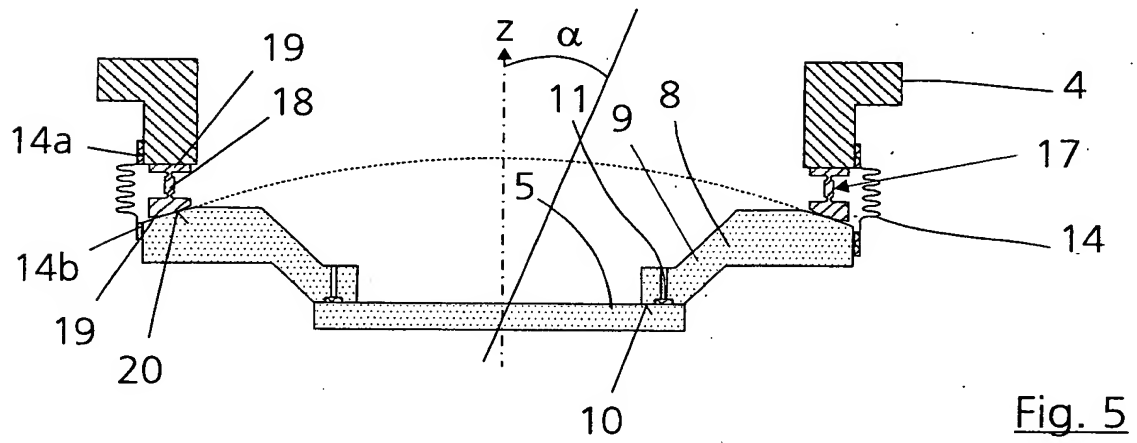
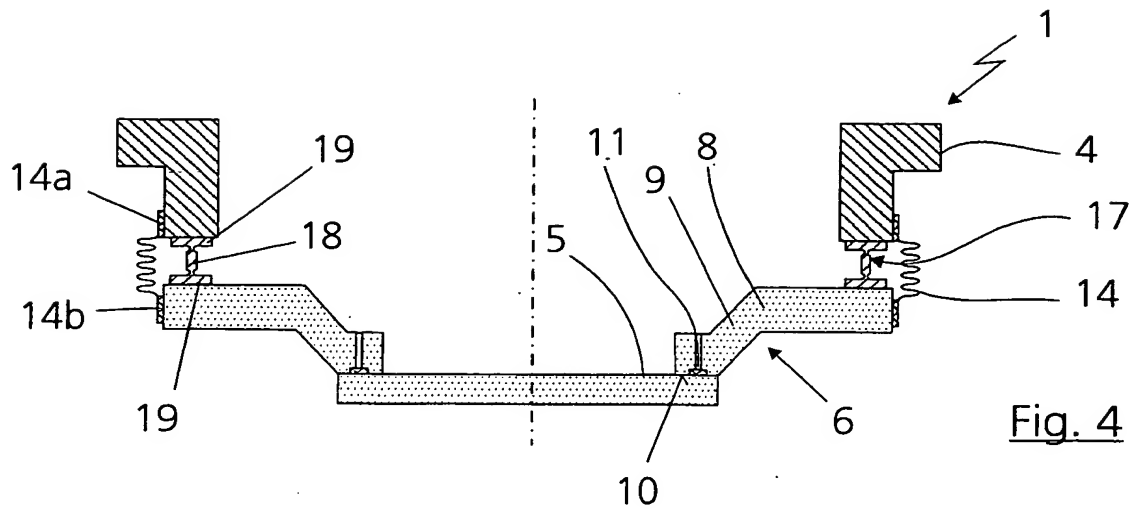


Fig. 3





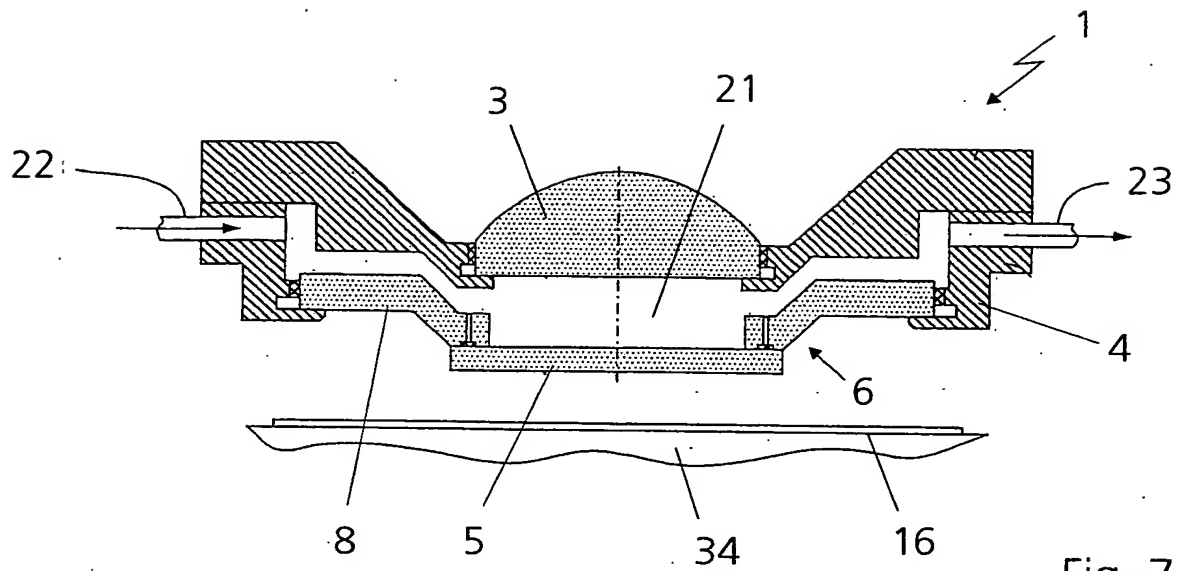


Fig. 7

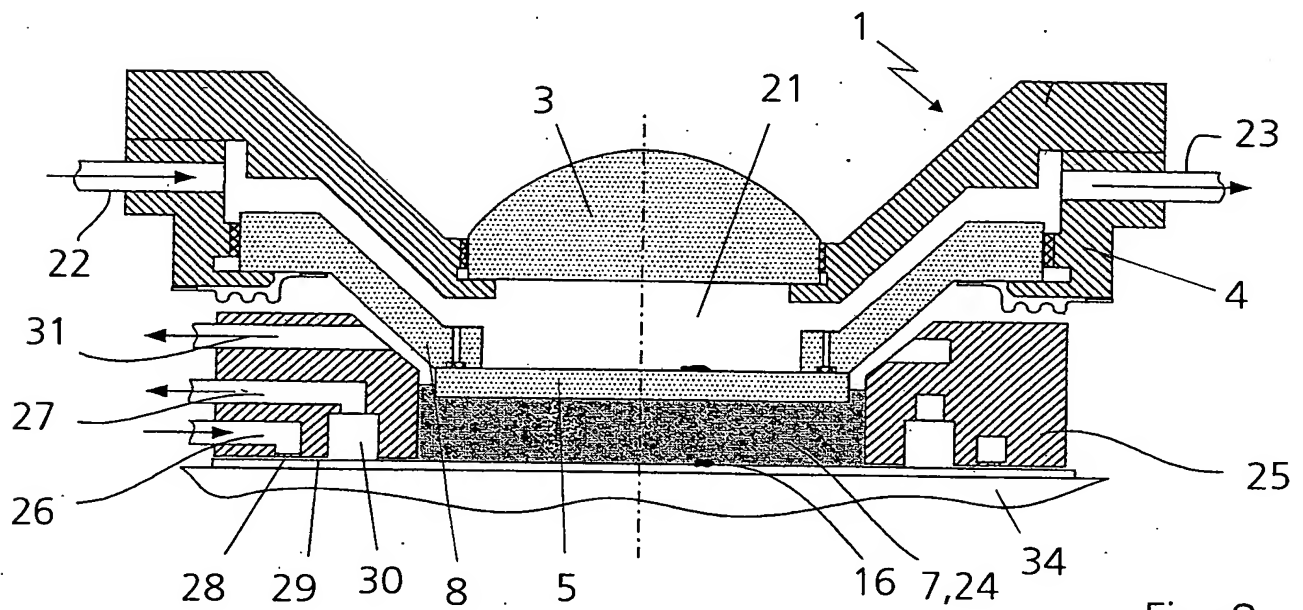


Fig. 8

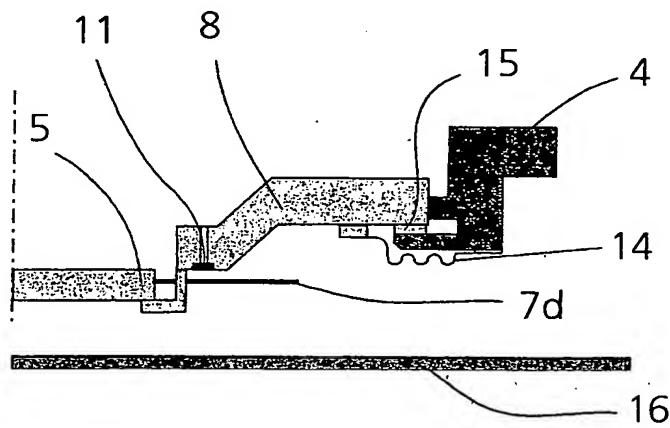


Fig. 9

